Sukandarrumidi • Arie Noor Rakhman • Fivry Wellda Maulana
Dwi Indah Purnamawati • Miftahussalam

petunjuk praktis untuk calon geolog

BELAJAR PETROLOGI
Secara Mandiri

Gadjah Mada University Press

Sukandarrumidi ▪ Arie Noor Rakhman ▪ Fivry Wellda Maulana
Dwi Indah Purnamawati ▪ Miftahussalam

BELAJAR PETROLOGI

Secara Mandiri

BELAJAR PETROLOGI SECARA MANDIRI

Penulis:
Sukandarrumidi
Dwi Indah Purnamawati
Miftahussalam
Arie Noor Rakhman
Fivry Wellda Maulana

Korektor:
Devi

Desain sampul:
Pram's

Tata letak isi:
Rini

Penerbit:
Gadjah Mada University Press
Anggota IKAPI

Ukuran: 15,5 X 23 cm; xiv + 160 hlm
ISBN: 978-602-386-113-2
1511304-B5E

Redaksi:
Jl. Grafika No. 1, Bulaksumur
Yogyakarta, 55281
Telp./Fax.: (0274) 561037
ugmpress.ugm.ac.id | gmupress@ugm.ac.id

Cetakan pertama: Mei 2017
2385.75.05.17

PRAKATA

Petrologi adalah cabang ilmu geologi yang mempelajari tentang batuan yang ada di alam ini. Seperti Anda ketahui, batuan tersusun oleh berbagai macam mineral. Mineral-mineral tersebut dapat berupa unsur maupun senyawa kimia. Di alam terdapat empat macam batuan utama, yaitu batuan beku, batuan sedimen, batuan metamorf, dan batuan pyroklastik. Masing-masing batuan dicirikan oleh kandungan mineral tertentu. Pada masing-masing jenis batuan dapat mengandung berbagai macam bahan tambang yang sering pula disebut bahan galian. Bahan tambang tersebut mungkin merupakan bahan tambang bukan logam, semi logam, dan logam, yang kesemuanya itu merupakan bahan baku industri. Selain itu, di alam terdapat juga bahan tambang yang bersifat toksik dan membahayakan bagi makhluk hidup. Oleh sebab itu, manusia wajib bijak dalam mencari dan mengolah bahan tambang yang membahayakan tersebut. Ternyata tidak mudah untuk mengetahui secara langsung di lapangan berbagai bahan tambang, tanpa mengetahui terlebih duhulu jenis batuan. Anda perlu mengetahui bahwa bahan tambang tertentu "tersembunyi" pada batuan tertentu pula. Petrologi merupakan ilmu geologi yang dapat membantu Anda dalam mengetahui "persembunyiannya". Pada zaman modern seperti saat ini, manusia berlomba mencari bahan tambang. Untuk mengetahui kandungan bahan tambang di suatu daerah, diawali dengan melakukan kegiatan eksplorasi geologi, yang berbekal ilmu petrologi, sebagai "senjata utama". Tidak berlebihan kiranya apabila dikatakan, Negara yang kaya akan bahan tambang "selalu diperebutkan dengan berbagai cara" oleh bangsa lain yang telah maju lebih dahulu dalam eksplorasi bahan tambang, dan mereka itu yang akan mendapat keuntungan berlebih. Bagaimana pendapat Anda? Tampaknya Anda sependapat dengan pernyataan tersebut. Batuan yang

lapuk akan berubah menjadi tanah. Masing-masing jenis batuan apabila lapuk juga dipastikan menghasilkan jenis tanah tertentu dengan tingkat kesuburan yang berbeda. Tanah merupakan media tumbuh untuk berbagai macam tanaman, sebagai penghasil senyawa karbohidrat. Karbohidrat dimanfaatkan makhluk hidup sebagai bahan makanan utama. Manusia tidak dapat terlepas dari hasil kinerja tanaman, karena hanya tanaman yang mampu mengubah senyawa anorganik pembentuk tanah menjadi senyawa organik dalam bentuk senyawa karbohidrat, dengan air dan energi sinar matahari sebagai katalisatornya. Oleh sebab itu, sangat wajar bila manusia "saling berebut menguasai tanah yang subur". Untuk mengetahui tingkat kesuburan tanah ilmu petrologi merupakan "senjata awal" yang bermanfaat. Buku ini dengan judul "Belajar Petrologi Secara Mandiri" menjelaskan seluk beluk secara sederhana terjadinya batuan beku, batuan sedimen, batuan metamorf dan batuan pyroklastik, yang telah disediakan oleh Sang Pencipta Dunia ini tanpa diminta, untuk dimanfaatkan manusia secara bijaksana demi menapak kehidupan manusia di dunia ini tanpa menimbulkan sengketa. Untuk mempelajari buku ini, Anda cukup menyediakan waktu tiga puluh menit setiap hari, dengan mencermati isinya mulai dari halaman pertama hingga halaman terakhir. Kemampuan Anda dalam ilmu mineralogi dan geologi umum sebagai ilmu pijakan awal dalam mempelajari petrologi, tampaknya tidak diragukan, Anda cukup menimbulkan kemauan untuk mempelajari buku ini sebagai langkah awal "mencari rahasia alam yang penuh dengan arti". Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam menulis buku ini. Ucapan serupa juga disampaikan kepada Gadjah Mada University Press, yang telah menerbitkan sehingga buku ini dapat sampai di meja belajar Anda. Semoga bermanfaat.

Yogyakarta, 24 Maret 2016.

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

1

PENDAHULUAN

Bumi dan isinya serta proses-proses yang berlangsung padanya diciptakan oleh Sang Pencipta Dunia Semesta untuk dimanfaatkan oleh manusia dalam mendukung hidup manusia dan mengembangkan kehidupannya, memanfaatkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang tiada berbatas dengan arif dan bijaksana. Kealpaan pada apa yang tersebut dengan kata arif dan bijaksana akan berakibat pada timbulnya bahaya yang dapat meningkat dengan terjadinya bencana, yang pada akhirnya akan dapat merugikan hidup dan kehidupan manusia. Pada saat sekarang telah berkembang berbagai cabang ilmu dengan berbagai seluk beluk dan lika-liku yang sangat bervariasi. Salah satu ilmu yang mempelajari tentang Bumi disebut geologi.

Mempelajari geologi boleh dikatakan tidak sulit sejauh mau belajar pustaka dan sering melakukan studi lapangan. Tampaknya, buku dan lapangan geologi wajib dicermati dengan baik bila Anda ingin menjadi seorang geolog dengan kompetensi yang cukup tinggi. Banyak ragam buku yang menuntun Anda untuk mencapai tujuan tersebut. Meskipun demikian, Anda terlebih dahulu wajib menguasai empat pilar utama geologi, yaitu geologi umum, petrologi, stratigrafi dan geologi struktur. Pilar pertama: geologi umum, yang akan mengantarkan Anda pada cara terbentuknya Bumi, proses-proses apa saja yang telah terjadi dan yang mungkin akan terjadi, siklus geologi dan peranannya dalam kehidupan manusia, dengan bertitik tolak pada paradigma geologi yang bersifat universal, yaitu ***The present is the to the past***. Pilar kedua adalah

petrologi yang akan mengantarkan Anda pada genesa yang sering disebut cara terbentuknya dan macam batuan pembentuk kulit Bumi yang sangat beragam, dengan bertitik tolak pada paradigma geologi, khususnya pada konsep adanya tenaga endogen dan tenaga eksogen dan relasinya serta peranannya dalam menopang kehidupan manusia. Pilar ketiga adalah stratigrafi yang akan mengantarkan Anda pada pembentukan batuan sedimen yang sangat beragam dengan bertitik tolak pada paradigma geologi, khususnya pada konsep sedimentasi dan relasinya serta peranannya dalam menopang kehidupan manusia. Pilar keempat adalah geologi struktur yang akan mengantarkan Anda pada pembentukan struktur kulit Bumi dengan bertitik tolak pada paradigma geologi khususnya pada adanya tektonik dan relasinya serta peranannya dalam menopang kehidupan manusia. Tanpa penguasaan empat pilar tersebut tampaknya Anda akan mengalami hambatan dalam mempelajari pengembangan ilmu geologi, yang lebih bersifat aplikasi. Dengan demikian, tidak berlebihan kiranya bila disebutkan bahwa keempat pilar tersebut saling melengkapi.

Pada dasarnya terdapat tiga jenis lapisan pembentuk Bumi ini, tetapi manusia baru mampu menguak dan mendayagunakan lapisan Bumi yang paling atas, yaitu lapisan lithosfera, sering disebut litosfer. Pada buku ini dibahas tentang konsep-konsep pilar kedua geologi yaitu Petrologi.

Gambar 1.1 Berbagai lapisan pembentuk Bumi (gbr. atas), dan siklus batuan (gbr. bawah) (Flint *and* Skinner, 1977)

Petrologi berasal dari kata petro yang artinya batu, dan logos yang artinya ilmu. Dengan demikian secara harafiah, petrologi adalah ilmu

yang mempelajari tentang batu yang merupakan penyusun kulit Bumi. Dalam sejarah pembentukannya, batu merupakan kumpulan berbagai macam mineral yang terbentuk akibat proses alam yang lebih dikenal dengan kata proses geologi yang berimplikasi pada siklus batuan. Oleh sebab itu, bila Anda akan mempelajari batuan, Anda wajib sudah menguasai ilmu pendukung sebelumnya, yaitu geologi umum dan kristalografi-mineralogi.

Mempelajari petrologi bermanfaat antara lain, dengan:

- mempelajari sifat fisik dari contoh batuan, Anda akan mengetahui proses terbentuknya
- mengetahui proses terbentuknya batuan, Anda akan mengetahui jenis batuan
- mengetahui jenis batuan, Anda dapat mengetahui kandungan mineralogi, sifat fisik dan sifat kimia batuan secara umum
- mengetahui sifat fisik dan sifat kimia batuan, Anda dapat mengetahui kandungan mineral yang bernilai ekonomi, baik itu merupakan mineral logam, mineral semi logam, maupun mineral bukan logam
- mengetahui jenis mineral yang mempunyai nilai ekonomi, Anda dapat mengetahui potensi sumber daya mineral atau bahan galian suatu daerah
- mengetahui potensi bahan galian suatu daerah, Anda dapat merencanakan ataupun membuat industri yang mengolah bahan bahan galian itu langsung dapat dimanfaatkan oleh manusia.

Pada akhirnya, Anda dapat menciptakan kegiatan yang bermanfaat dan yang dapat menghidupi orang banyak.

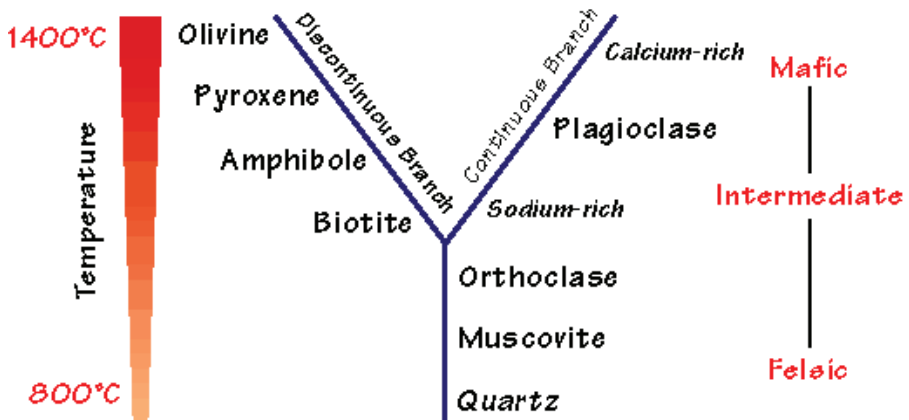
Harus disadari, dewasa ini geolog seperti Anda tugasnya tidak hanya melakukan eksplorasi atau mencari potensi bahan galian dan potensi geologi lainnya di suatu daerah, tetapi Anda harus menindaklanjuti apabila sudah tahu jenis bahan galian dan potensi geologi di suatu daerah lalu " akan diapakan" bahan galian atau potensi geologi tersebut.

Timbul pertanyaan:

Ada berapa macam batuan yang ada di alam, yang juga merupakan bahan penyusun kulit Bumi? Ikuti uraian berikut ini.

1.1 MACAM BATUAN BEKU

Di alam dikenal ada tiga macam batuan, yaitu jenis (a). batuan beku, (b). batuan sedimen, dan (c). batuan metamorf. Ketiga jenis batuan tersebut seperti satu keluarga yang saling berkaitan satu sama lain. Dalam perjalanan pembelajaran petrologi muncul jenis batuan yang lain, yaitu batuan pyroklastik dan batuan karbonat.

(1). Batuan beku, merupakan hasil pembekuan magma. Magma sendiri merupakan senyawa silikat, berbentuk cair, pijar, panas, dan berada dalam dapur magma. Cairan magma tersebut bersifat dinamis, selalu bergerak dan mengalir ke semua tempat di dalam litosfer sejauh ada kesempatan. Tempat-tempat magma mengalir selalu melalui retakan-retakan atau patahan geologi pada litologi yang mengelilingi dapur magma. Adanya kesempatan untuk mengalir tersebut, tekanan yang ada mendesak dan memperlebar retakan-retakan atau patahan geologi di samping magma itu suhunya makin lama makin turun. Apabila magma telah mencapai titik kristalisasinya maka magma tersebut akan mengkristal membentuk kumpulan mineral tertentu yang disebut sebagai batuan beku atau sering disebut ***Igneous rocks*.** Untuk mengetahui pada suhu berapa suatu mineral akan mengkristal, Anda dianjurkan untuk mencermati kembali konsep reaksi Bowen (yang lebih dikenal dengan istilah ***Bowen's Reaction Series*)**

Gambar 1.2 Konsep Seri Reaksi Bowen (Pough,1976)

Berdasarkan atas tempat terbentuknya, batuan beku dibagi menjadi dua golongan besar, yaitu batuan beku dalam dan batuan beku luar. Batuan beku dalam dikenal dengan istilah batuan intrusi, terbentuknya di dalam lapisan kulit bumi, sedang batuan beku luar dikenal dengan istilah batuan ekstrusi, sering ditulis *extrusi*, terbentuknya berada di luar atau di permukaan kulit bumi. Seperti Anda ketahui, suatu bahan cair yang mengandung larutan senyawa kimia tertentu, bila terjadi penurunan tekanan dan suhu secara perlahan-lahan maka akan terbentuk mineral yang mempunyai ukuran kristal yang relatif besar dengan bentuk kristal ideal dari mineral tersebut. Apabila terjadinya penurunan tekanan dan suhu berlangsung relatif cepat, maka akan terbentuk mineral yang mempunyai ukuran kristal yang relatif kecil yang kadang-kadang meninggalkan kaidah bentuk kristal ideal dari mineral tersebut.

Apabila demikian halnya, maka pola pikir Anda lalu dibalik, yaitu apabila Anda mendapatkan batuan dengan komposisi mineral yang mempunyai bentuk kristal ideal dengan ukuran yang relatif besar-besar maka dapat disimpulkan bahwa Anda berhadapan dengan batuan beku intrusi, sedang apabila Anda mendapatkan batuan dengan komposisi

mineral dengan bentuk kristal tidak ideal dengan ukuran kristal yang relatif halus maka dapat disimpulkan bahwa Anda berhadapan dengan batuan beku ekstrusi.

Penggolongan batuan beku dapat didasarkan pada tiga hal utama, yaitu berdasarkan tempat genesa batuan, berdasarkan senyawa kimia yang terkandungnya dan berdasarkan susunan mineraloginya.

(1) Klasifikasi batuan beku berdasarkan tempat genesanya

Penggolongan ini merupakan penggolongan awal sebelum dilakukan penggolongan batuan lebih lanjut. Penggolongan tersebut adalah sebagai berikut.

(a) Batuan beku intrusi

Batuan ini terbentuk di bawah permukaan Bumi, sering disebut batuan beku dalam atau batuan beku plutonik. Batuan jenis ini proses pembekuannya sangat lambat, yaitu dapat sampai jutaan tahun. Keadaan ini memungkinkan tumbuhnya kristal-kristal yang besar dengan bentuk yang sempurna, menjadi tubuh batuan beku intrusi. Tubuh batuan bekunya sendiri mempunyai bentuk dan ukuran yang sangat beragam, tergantung pada kondisi magma dan batuan yang ada di sekitarnya. Batuan intrusi selanjutnya dapat dibagi menjadi batuan beku intrusi dalam dan batuan intrusi dekat permukaan. Berdasarkan kedudukannya terhadap batuan yang diterobos, sering disebut batuan yang diintrusi, struktur tubuh batuan beku intrusi selanjutnya dibagi menjadi dua golongan besar, yaitu struktur diskordan dan struktur konkordan. Disebut diskordan apabila tubuh batuan beku memotong batuan sekelilingnya. Bentuk-bentuk tubuh batuan beku yang diskordan, sering ditulis *discordant*, adalah sebagai berikut.

- *Batholith*, sering ditulis batolit, yaitu tubuh batuan beku yang memiliki ukuran yang sangat besar, yaitu >100 km^2, dan membeku pada kedalaman yang cukup besar. Dasar dari tubuh batolit tidak diketahui.

- *Stock*, sering disebut stok, kenampakannya seperti batolit, bentuknya tidak beraturan dan dimensinya relatif lebih kecil dibandingkan dengan batolit, penyebaran umumnya tidak lebih dari 10 km^2. *Stock* merupakan penyerta suatu tubuh batolit, atau merupakan bagian atas dari batolit.
- *Dike*, disebut pula gang, mempunyai dimensi yang kecil bila dibandingkan dengan batolit. Bentuk umumnya tabular, dalam sayatan geologi merupakan bentuk lembaran yang kedua sisinya hampir sejajar, dan memotong perlapisan batuan yang diterobosnya.
- *Apophyse*, sering ditulis apopise, merupakan cabang dari *dike*, pada umumnya berbentuk tabular. Apabila batuan yang diterobos tererosi, permukaan *apophyse* tampak melingkar dengan luas beberapa meter persegi.
- *Volkanic neck*, sering disebut pipa gunung api di bawah kawah, yang mengalirkan magma ke daerah kepundan. Apabila batuan yang menutupi sekitarnya tererosi, maka bentuk batuan beku kurang lebih silindris, dan tampak menonjol dari topografi di sekitarnya.

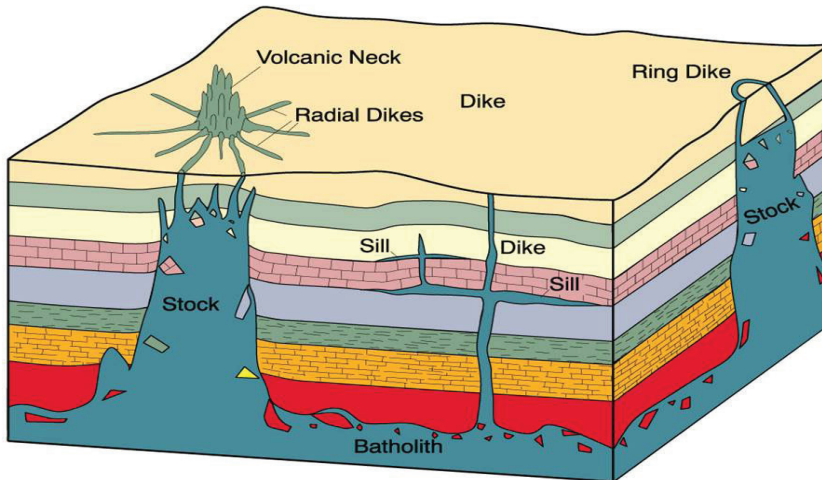
Pada suatu saat pada Anda akan diperkenalkan sebagai *discordant pluton*.

Bentuk-bentuk batuan beku yang letaknya kurang lebih sejajar dengan lapisan batuan di sekitarnya, disebut konkordan, sering ditulis *concordant*. Bentuk-bentuk tersebut adalah sebagai berikut.

- *Sill*, merupakan intrusi batan beku yang konkordan atau sejajar terhadap perlapisan batuan yang diterobosnya. Pada umumnya berbentuk tabular dengan sisinya yang sejajar.
- *Lakholith*, sering disebut lakolit, hampir serupa dengan *sill* hanya pada sisi atas, bagian yang diterobosnya melengkung atau cembung ke atas, membentuk suatu kubah yang landai. Sedang bagian bawahnya mirip dengan *sill*. Sebagai akibat proses geologi, baik oleh gaya endogen maupun gaya eksogen, batuan beku dapat tersingkap di permukaan.

- *Lopholith*, sering disebut lopolit, hampir serupa dengan lakolit, hanya saja bagian atas dan bawahnya bentuknya cekung.

Pada suatu saat pada Anda akan diperkenalkan dengan istilah *concordant pluton*.

Gambar berikut, akan mudah memahami istilah-istilah tersebut.

Gambar 1.3 Bentuk-bentuk intrusi batuan beku (Flint *and* Skinner, 1977).

Batuan beku intrusi selain mempunyai berbagai macam bentuk, juga terdapat jenis pembagian batuan beku yang berbeda berdasarkan pada komposisi mineral penyusunnya. Batuan beku dalam, secara tekstur digolongkan ke dalam kelompok batuan beku panerik, sering disebut *phaneric* sedang batuan beku luar secara tektur digolongkan ke dalam kelompok batuan beku *phorfiritic* sering disebut porpiritik.

(b) Batuan beku ekstrusi

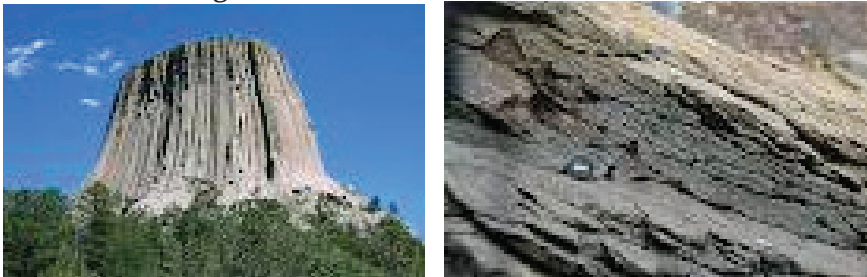
Batuan beku ekstrusi adalah batuan beku yang proses pembekuannya berlangsung dipermukaan Bumi. Batuan beku ekstrusi ini, yaitu lava yang memiliki berbagai struktur yang memberi petunjuk mengenai proses yang terjadi pada saat pembekuan lava tersebut. Struktur tersebut di antaranya:

- Masif sering ditulis *massif*, yaitu struktur yang memperlihatkan suatu massa batuan yang terlihat seragam. Struktur ini dapat

dilihat di lapangan maupun pada contoh batuan setangan atau sering disebut *handspecimen*.

- Kekar berlembar sering disebut *sheeting joint*, yaitu struktur batuan beku yang terlihat “sebagai lapisan”. Struktur ini hanya tampak jelas bila dilihat di lapangan.
- Kekar tiang sering disebut *collumnar joint*, yaitu struktur yang memperlihatkan batuan terpisah poligonal seperti batang pensil. Struktur ini hanya dapat dilihat dengan jelas di lapangan.
- Lava bantal, sering disebut *pillow lava*, yaitu struktur yang menyerupai bantal yang bergumpal-gumpal. Hal ini diakibatkan oleh proses pembekuan yang terjadi pada lingkungan air. Struktur ini tampak jelas bila dilihat di lapangan.
- Vesikuler, sering disebut *vesicular*, yaitu struktur yang memperlihatkan adanya lubang-lubang pada permukaan batuan beku. Lubang ini terbentuk sebagai akibat pelepasan gas pada saat pembekuan magma. Struktur ini dapat dilihat di lapangan atau pada contoh batuan setangan.
- Struktur skoria, sering disebut *scoria*, yaitu kenampakan seperti pada struktur vesikuler, namun kedudukan lubang lubang posisinya acak (tak teratur). Sifat ini sangat umum dimiliki oleh batuan beku ekstrusi. Struktur ini tampak jelas dan dapat dilihat di lapangan dan juga tampak jelas pada contoh batuan setangan. Struktur ini umum dijumpai pada pada batuapung, sering disebut *pumice*.
- Struktur amigdaloidal, sering disebut *amygdaloidal*, yaitu struktur vesikuler yang kemudian terisi oleh mineral lain, biasanya mineral kalsit, kuarsa atau zeolit. Struktur ini jelas tampak di lapangan maupun pada contoh batuan setangan.
- Struktur konkoidal, sering disebut *concoidal*, yaitu struktur berbenuk setengah lingkaran pada permukaan batuan yang berbutir halus, misalnya pada obsidian. Atau pada batu lempung. Struktur ini tampak pada singkapan batuan atau pada contoh setangan.

- Struktur aliran, sering disebut *flow*, yaitu struktur yang memperlihatkan adanya penjajaran mineral-mineral yang bentuknya memanjang pada arah tertentu akibat proses aliran magma. Struktur ini dapat dilihat jelas di lapangan maupun pada contoh batuan setangan.

Khususnya struktur kekar tiang dan kekar berlembar hanya dapat dikenal di lapangan. Anda sangat sulit mengatakan sebagai kekar tiang maupun kekar berlembar bila hanya mempunyai contoh batuan setangan.

Gambar 1.4 *Collumnar joints* (gbr.kiri), dan *sheeting joints* (gbr.kanan) (Pough, 1976).

(2) Klasifikasi batuan beku berdasarkan senyawa kimia

Batuan beku disusun oleh beberapa senyawa kimia yang membentuk mineral penyusun batuan beku. Salah satu klasifikasi batuan beku secara kimia adalah dari senyawa oksidanya, seperti SiO_2, TiO_2, AlO_2, Fe_2O_3, FeO, MnO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, P_2O_5 dan H_2O. Persentase senyawa kimia dapat mencerminkan lingkungan pembentukan mineral. Analisis kimia batuan dapat dipergunakan untuk menentukan jenis magma asal, pendugaan temperatur pembentukan magma, kedalaman magma asal, dan banyak lagi kegunaan lainnya. Dalam analisis kimia batuan beku, diasumsikan bahwa batuan tersebut mempunyai komposisi kimia yang sama dengan magma sebagai pembentuknya. Batuan beku yang telah mengalami ubahan atau pelapukan akan mempunyai komposisi kimia yang berbeda. Karena itu batuan yang akan dianalisis haruslah batuan yang masih segar dan belum mengalami ubahan. Namun begitu, sebagai catatan, pengelompokan yang didasarkan pada susunan kimia batuan saat ini jarang dilakukan. Hal ini selain disebabkan oleh prosesnya cukup

lama dan mahal, juga harus dilakukan dengan analisis kimia yang cukup panjang.

Berdasarkan komposisi senyawa silikat pembentuknya, magma dibagi menjadi empat macam, yaitu magma asam (*acid magma*), magma tengahan (*intermediate magma*), magma basa (*basic magma*), dan magma ultra basa (*ultra basic magma*).

- Magma asam yaitu apabila magma membeku menghasilkan batuan beku yang bersifat asam, yang untuk selanjutnya dikenal sebagai **batuan beku asam.**
- Magma tengahan yaitu apabila magma membeku menghasilkan batuan beku yang bersifat tengahan yang untuk selanjutnya dikenal sebagai **batuan beku tengahan.**
- Magma basa yaitu apabila magma membeku menghasikan batuan beku yang bersifat basa, yang untuk selanjutnya dikenal sebagai **batuan beku basa.**
- Magma ultra basa, apabila magma membeku menghasilkan batuan yang bersifat ultra basa, yang untuk selanjutnya dikenal sebagai **batuan beku ultra basa.**

(3) Klasifikasi batuan beku berdasarkan susunan mineral

Klasifikasi ini sangat umum digunakan karena relatif mudah dan sederhana serta dapat dilihat langsung dengan mata. Klasifikasi ini didasarkan pada susunan mineral dipadukan dengan tekstur.